

Verfahren zum Aufbringen einer elektrischen Isolierung

Stand der Technik

- 5 Die Erfindung geht aus von einem Verfahren zum Aufbringen einer elektrischen Isolierung auf einen mit Axialnuten zur Aufnahme einer elektrischen Wicklung versehenen, ferromagnetischen Körper eines Hauptelements einer elektrischen Maschine, insbesondere auf einen genuteten Ankerkörper eines Ankers eines Gleichstrommotors, nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.
- 10 Ein genuteter Ankerkörper eines Ankers eines Gleichstrommotors, wie er beispielhaft in Draufsicht in Fig. 2 dargestellt ist, besteht aus einer Vielzahl von Profillamellen 11, die axial hintereinander gereiht zu einem Lamellenpaket verbunden sind. Der Ankerkörper 10 ist auf eine Ankerwelle 13 aufgedrückt. Der Ankerkörper 10 trägt eine Vielzahl von Axialnuten 14, die zu den beiden
- 15 zylindrischen Oberflächen des zylindrischen Ankerkörpers 10 hin offen sind und mit einer Nutöffnung 141 in der zylindrischen Oberfläche des Ankerkörpers 10 münden. In die Axialnuten 14 wird eine Ankerwicklung in Form von Spulen eingewickelt. Die Spulen sind aus einem isolierten Spulendraht, z.B. lackiertem Kupferdraht, gewickelt. Vor Einwickeln der Ankerwicklung werden die Axialnuten 14 und auch die Stirnseiten des Ankerkörpers 10 mit einer elektrischen Isolierung 15, die in Fig. 1 nur für eine Axialnut 14 dargestellt ist, versehen.
- 20 Bei den möglichen Verfahren zum Aufbringen einer solchen Isolierung 15 hat sich die Beschichtung des Ankerkörpers 10 mit elektrostatisch aufgeladenem Kunststoffpulver als das wirtschaftlichste Verfahren durchgesetzt, mit dem zusätzlichen Vorteil, dass der Nutquerschnitt durch die Isolierung 15 nur unwesentlich reduziert wird und sich dadurch ein recht großer
- 25 Nutfüllfaktor für die Ankerwicklung erreichen lässt.

- Bei einem bekannten, in Fig. 1 als Ablaufschema dargestellten Verfahren zum Aufbringen der elektrischen Isolierung 15 auf den Ankerkörper 10 mittels elektrostatischer Pulverbeschichtung werden die bereits mit der Ankerwelle 13 verpressten Ankerkörper 10 vorgereinigt, um die bei der
- 30 Fertigung anfallenden Verunreinigungen zu beseitigen, an den nicht zu beschichtenden Stellen, z.B. der Ankerwelle 13, maskiert und in einem Pulver-Fluidbad mit elektrostatisch aufgeladenem Kunststoffpulver beschichtet. Die Masken übernehmen dabei zusätzlich eine Spannfunktion zum Festlegen der Ankerkörper auf einem das Fluidbad durchlaufenden Transportsystem, wozu die Ankerkörper nach dem Maskieren auf das Transportsystem umgesetzt werden müssen. Der Boden
- 35 des Fluidbads besteht aus einer porösen Platte, durch die ionisierte, also elektrisch aufgeladene, Druckluft einströmt, die das Pulver gleichmäßig elektrostatisch auflädt und das Pulver fluidisiert,

R. 305860

so dass sich letzteres wie eine Flüssigkeit verhält. Die elektrostatisch aufgeladenen Pulverteilchen schlagen sich infolge der Anziehungskraft entgegengesetzter Ladungen auf den durch das Fluidbad geführten Ankerkörpern nieder und bleiben daran haften. Die so beschichteten Ankerkörper werden in einem weiteren Verfahrensschritt außerhalb des Fluidbads gereinigt, um auf der zylindrischen
5 Oberfläche der Ankerkörper haftendes Pulver zu entfernen. Anschließend werden die gereinigten Ankerkörper einer Wärmesektion zugeführt, in der durch Wärmeeintrag die Pulverschicht geschmolzen und eingebrannt wird und aushärtet. Die Ankerkörper werden wieder umgesetzt und in einem weiteren Verfahrensschritt demaskiert. Die demaskierten Ankerkörper werden dann in einer Kältezone abgekühlt. Die abgenommenen Masken werden einer Maskenreinigung zugeführt,
10 und mit den gereinigten Masken werden neue, vorgereinigte Ankerkörper maskiert. Die abgekühlten Ankerkörper 10 werden der Bearbeitungsanlage entnommen und einem Wickelautomaten zugeführt.

Dieses Verfahren erbringt eine dünne Isolierschicht von ca. 50 bis 100 µm in den Axialnuten mit
15 guten thermischen und elektrischen Eigenschaften, hat aber auch entscheidende Kostennachteile. So erfordert das Fluidbad eine horizontale Lage der Ankerkörper, die im übrigen Fertigungsprozess meist vertikal bearbeitet werden, so dass mit Verfahrensfortschritt ein mehrmaliges Umsetzen der Ankerkörper durchgeführt werden muss. Weiter ist ein recht aufwendiges Transportsystem zur Förderung der Ankerkörper durch das Fluidbad erforderlich. Bei Schäden am Fluidbad benötigt ein
20 Wechsel des in die Anlage integrierten Fluidbads einen recht hohen Zeitaufwand und führt zu kostenträchtigen Stillstandszeiten der Anlage. Die Masken übernehmen zusätzlich Einspannfunktion der Ankerkörper beim Transport. Bei Verschleiß der Masken kann es zu einem ungenügenden Spannen der Ankerkörper kommen, was zu einer Gefährdung des Prozessablaufs und zu Stillstandszeiten führt.

25 Vorteile der Erfindung

Das erfindungsgemäße Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 hat den Vorteil, dass es sehr viel wirtschaftlicher realisiert werden kann als das bekannte Verfahren und dabei eine
30 effektive Pulverbeschichtung mit zuverlässiger Nutisolierung gewährleistet. Die zur Durchführung des Verfahrens erforderlichen Komponenten sind marktübliche Standardkomponenten, wie sie beispielsweise bei Autolackierungen oder anderen Lackierungen für dekorative Oberflächen eingesetzt werden und weltweit verfügbar sind. Diese Standardkomponenten bedürfen einen nur geringen Investitionsaufwand und sind wartungsfreundlich, so dass funktionale Teile schnell
35 ausgetauscht werden können und Stillstandszeiten für Wartung und Reparatur auf ein Minimum

R. 305860

reduziert werden. Bei Störungen oder fehlendem Gutedurchsatz kann der Pulverstrom sofort abgestellt und somit der Pulvereinsatz optimiert werden.

Das erfindungsgemäße Verfahren übernimmt damit sämtliche Vorteile der elektrostatischen Pulversprühbeschichtung für dekorative Oberflächen und gewährleistet anders als dieses Verfahren auch eine zuverlässig isolierende Beschichtung der Nutwände mit Kunststoffpulver. Durch die Auftragung einer großen Schichtdicke wird sichergestellt, dass sich auch auf den Nutwänden eine ausreichend dicke Pulverschicht niederschlägt, die in der Regel zwar dünner ist als die Pulverschicht auf der zylindrischen Oberfläche des Körpers, jedoch eine zuverlässige Isolierauskleidung der Nuten bietet. Die aufgetragene große Schichtdicke ist um den Faktor 10 bis 50 mal größer als die Schichtdicken, die bei der Pulverbeschichtung von Dekoroberflächen erreicht werden, und liegt etwa zwischen 1 – 1,5mm. Beim elektrostatischen Pulversprühen stellen die Axialnuten sog. Faradaysche Käfige dar, die feldfrei sind, da die Feldlinien des zwischen der Sprühquelle und dem vorzugsweise geerdeten Körper sich ausbildenden magnetischen Feldes, auf denen sich die elektrisch geladenen Pulverteilchen bewegen, sich an Spitzen und Vorsprüngen konzentrieren und nicht in die Axialnuten eindringen. Durch den sog. elektrostatischen Umgriff, d.h. das Verlaufen der Feldlinien auch zu den Stirnseiten des Ankerkörpers, wird zwar an den Nutenden Pulver elektrostatisch angelagert aber nicht im Nutinnern. Durch das Aufbringen der erfindungsgemäß großen Schichtdicke erfolgt zunächst zwar die Anlagerung von Pulver an Stellen mit hoher Feldlinienkonzentration zu Beginn des Beschichtungsprozesses. Bei weiterer Besprühung tritt jedoch eine Sättigung dieser Stellen ein. Die gesättigten Stellen können nicht weiter beschichtet werden, da hier eine Ladungskonzentration entsteht. Die weiter ankommenden Pulverteilchen tragen dieselbe Ladung und werden aufgrund der elektrostatischen Abstoßung vom Körper weggeschleudert (Rücksprüheffekt). Da die Sprühquelle elektrisch gleich aufgeladen ist, werden die Teilchen jedoch nicht zurückbeschleunigt, vielmehr unterliegen sie keiner äußeren Kraft mehr durch die Feldlinien und dringen in das Innere der Axialnuten ein.

Ein weiterer Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens besteht in der Verbesserung des Handlings der Körper im Fertigungsprozess, da anders als bei dem ein Fluidbad einsetzenden, bekannten Verfahren die Körper in beliebiger Stellung besprüht werden können und nicht zwangsweise in eine Horizontallage verbracht werden müssen. Das erspart ein Umsetzen der Körper, so dass weitere Hilfsstationen im Verfahrensfluss eingespart werden können.

Durch die in den weiteren Ansprüchen 2 – 9 aufgeführten Maßnahmen sind vorteilhafte Weiterbildungen und Verbesserungen des im Anspruch 1 angegebenen Verfahrens möglich. Eine

R. 305860

bevorzugte Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens ist in den Ansprüchen 10 und 11 angegeben.

Zeichnung

5

Die Erfindung ist anhand eines in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiels im folgenden näher beschrieben. Es zeigen:

- Fig. 1 ein Schema des Ablaufs eines Verfahrens zum Aufbringen einer Isolierung auf Ankerkörper für elektrische Maschinen gemäß dem Stand der Technik,
- 10 Fig. 2 einen Querschnitt eines auf einer Ankerwelle aufgedruckten Ankerkörpers,
- Fig. 3 ein Ablaufschema des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Isolierbeschichtung von Ankerkörpern,
- Fig. 4 eine schematische Darstellung eines Transportsystems für den Durchlauf der Ankerkörper im Beschichtungsprozess,
- 15 Fig. 5 ein Blockschaltbild einer Anlage für die elektrostatische Pulversprühbeschichtung,
- Fig. 6 eine schematische Darstellung einer Pulverbeschichtungskammer mit integriertem Pulvervorrat.

Beschreibung des Ausführungsbeispiels

20

- Das Verfahren zum Aufbringen einer elektrischen Isolierung auf einen mit Axialnuten zur Aufnahme einer elektrischen Wicklung versehenen, ferromagnetischen Körper eines Hauptelements, also eines Stators oder Rotors, einer elektrischen Maschine wird anhand eines genutzten Ankerkörpers 10 eines Ankers eines Gleichstrommotors beschrieben. Der in Fig. 2 in
- 25 Stirnansicht zu sehende Ankerkörper 10 besteht aus einer Vielzahl von Profillamellen 11, die axial hintereinander zu einem sog. Blechpaket aneinandergereiht und axial miteinander fest verbunden sind. Anstelle eines Profillamellenpakets kann der Ankerkörper 10 auch als Vollzylinder aus weichmagnetischem Verbundwerkstoff, sog. SMC (Soft-Magnetic-Composite)-Material ausgeführt sein. Der Ankerkörper 10 ist in bekannter Weise mit einer Vielzahl von äquidistant über den
- 30 Körperumfang angeordnete Axialnuten 14 zur Aufnahme einer Ankerwicklung versehen.

- Die auf die Ankerwelle 13 aufgedruckten Ankerkörper 10 werden in einer ersten Verfahrensstufe 21 "Vorreinigung" (Fig. 3) vorgereinigt, um Fertigungsreste, wie Stanzabfälle und Kühlmittelreste, zu beseitigen. Die vorgereinigten Ankerkörper 10 werden auf ein Transportband 22 mit die
- 35 Ankerwelle 13 festlegenden Spannvorrichtungen 23 (Fig. 4) aufgesetzt und mittels des Transportbandes 22 durch drei Verfahrensstufen 24 "Beschichten", 25 "Reinigen" und 26

R. 305860

"Einbrennen" geführt. In der Verfahrensstufen 24 "Beschichten" werden die Ankerkörper 10 mit elektrostatisch aufgeladenem Kunststoffpulver beschichtet. Die Beschichtung wird mit einer Schichtdicke von ca. 1- 2mm, vorzugsweise ca. 1,0 – 1,5mm - wobei fertigungsbedingte Abweichungen eingeschlossen sind - durch direktes Pulversprühen auf den vorzugsweise geerdeten Ankerkörper 10 vorgenommen. Es genügt, wenn der Ankerkörper 10 ein gegenüber dem Kunststoffpulver elektrisch niedrigeres Potenzial hat; am einfachsten ist dies natürlich durch Erden erreichbar. Es ist jedoch auch möglich, dass der Ankerkörper 10 ein höheres Potenzial hat. Wesentlich ist, dass der Ankerkörper 10 gegenüber dem elektrostatisch aufgeladenem Kunststoffpulver eine derartige Potenzialdifferenz aufweist, dass das Kunststoffpulver auf den Ankerkörper 10 gelangt.

In der Verfahrensstufe 25 "Reinigen" wird die zylindrische Oberfläche der beschichteten Ankerkörper 10 von der dort haftenden Pulverschicht befreit und in der Verfahrensstufe 26 "Einbrennen" werden die beschichteten Ankerkörper 10 einem Wärmeeintrag ausgesetzt, wodurch die auf jedem Ankerkörper 10 aufgetragene Pulverschicht schmilzt und aushärtet. Die Schichtdicke sinkt dabei auf ca. 1/3 der aufgesprühten Pulverschicht ab. Danach werden die Ankerkörper 10 mittels eines Umsetzwerkzeugs 27 (Fig. 4) vom Transportband 22 abgenommen und in der Verfahrensstufe 28 "Kühlen" abgekühlt. Schließlich werden die mit der Isolierung versehenen Ankerkörper 10 in der Verfahrensstufe 29 "Ankerabnahme" dem Verfahrenskreislauf entnommen und z.B. einem Wickelautomaten zugeführt. Im Rücklaufstrang des Transportbandes 22 werden die Spannvorrichtungen 23 des Transportbandes 22 mittels Reinigungsbürsten 30 von Pulverrückständen gesäubert.

In Fig. 5 sind die zur Durchführung der Verfahrensstufe 24 "Beschichten" erforderlichen Komponenten im Blockschaltbild dargestellt. Das Aufsprühen des elektrostatisch aufgeladenen Kunststoffpulvers auf die geerdeten Ankerkörper 10 erfolgt in einer geschlossenen Sprühkammer 31, durch die das Transportband 22 mit seinem oberen Zuführstrang hindurchläuft. Der Teilefluss, d.h. der Durchgang der Ankerkörper 10 durch die Kammer 31, ist durch den Pfeil 20 gekennzeichnet. Die Erdung der Ankerkörper 10 erfolgt über das Transportband 22 mit Spannvorrichtungen 23, das seinerseits geerdet ist. In der Kammer 31 ist eine Sprühvorrichtung 32 integriert, die über mindestens eine Sprühstelle 33 mittels Druckluft eine dosierte Pulvermenge auf den jeweiligen Ankerkörper 10 aufsprüht. Hierzu ist an jeder Sprühstelle 33 eine sog. Sprüh- oder Coronapistole angeordnet, deren Sprührichtung auf den jeweils vorbeilaufenden Ankerkörper 10 gerichtet ist. Solche Sprühpistolen sind als Standardkomponenten im Markt erhältlich und werden beispielsweise bei der Lackierung von Dekoroberflächen eingesetzt. Die Sprühpistolen sind dabei zur elektrischen Aufladung der Pulverteilchen an ein Spannungspotential von ca. 70 kV

R. 305860

angeschlossen. Die pro Ankerkörper 10 aufgesprühte Pulvermenge ist so dosiert, dass auf dem Ankerkörper 10 eine Schichtdicke von vorzugsweise 1,0 – 1,5mm entsteht. Dabei wird ein grobes Kunststoffpulver verwendet, dessen Pulverteilchen einen mittleren Durchmesser größer 150µm aufweisen. Diese schweren Pulverteilchen verbessern die Überwindung des eingangs

- 5 beschriebenen Faraday-Effekts und führen zu einer verbesserten und gleichmäßigen Beschichtung der Nutwände der Axialnuten 14 im Ankerkörper 10. Nicht auf die Ankerkörper 10 gelangendes Pulver wird über eine sog. "Overspray"-Leitung 34 einem Pulverbunker 36 zugeführt, in dem die mit Pulverteilchen beladene Druckluft durch Filter hindurchgeführt wird und als Abluft (Pfeil 37) in die Umgebung abströmt. Die von den Filtern zurückgehaltenen Pulverteilchen fallen in
10 einem im Pulverbunker 36 gespeicherten Pulvervorrat zurück.

- Die den Sprühpistolen zugeführte Pulvermenge wird von einer Dosiereinrichtung 35 zur Verfügung gestellt, der wiederum Pulver aus dem Pulverbunker 36 mittels einer pneumatischen Pulvertransportvorrichtung 38 zugeführt wird. Die Pulvertransportvorrichtung 38 ist über eine
15 mittels eines Ventils 41 steuerbare Saugleitung 40 an dem Pulverbunker 36 angeschlossen und erzeugt in der Saugleitung 40 einen Unterdruck, durch den bei geöffnetem Ventil 41 Pulver aus dem Pulverbunker 36 abgesaugt wird, das mit Druckluft der Dosiereinrichtung 35 zugeführt wird.

- In Fig. 6 ist schematisiert die Zusammenfassung der Sprühkammer 31 mit dem Pulverbunker 36 in
20 einem gemeinsamen Gehäuse 42 als kompakte Integrationslösung einer Beschichtungskammer dargestellt. Der von den Sprühstellen 33 bzw. Sprühpistolen ausgehende, pulverbeladene Luftstrom wird nach Vorbeiströmen an den Ankerkörpern 10 direkt in den Pulverbunker 36 geleitet, in dem die Luft über Filter 39 als Abluft (Pfeil 37) in die Umgebung auszutreten vermag. Die im Filter 39 sich absetzenden Pulverrestmengen fallen auf den in einem vertieften Boden des Pulverbunkers 36
25 gelagerten Pulvervorrat. Von dort wird Pulver durch die pneumatische Pulvertransportvorrichtung 38 abgesaugt und über die Dosiereinrichtung 35 wieder den Sprühstellen 33 zugeführt. Der Übersichtlichkeit halber sind in Fig. 4 zwei Sprühstellen 33 und in Fig. 5 nur eine Sprühstelle 33 dargestellt. Die Zahl der Sprühstellen 33 der Sprühvorrichtung 32 ist jedoch beliebig und wird an die gewünschte Durchsatzgeschwindigkeit der Ankerkörper 10 durch die Kammer 31 angepasst.

R. 305860

Patentansprüche

1. Verfahren zum Aufbringen einer elektrischen Isolierung auf einen mit Axialnuten zur Aufnahme einer elektrischen Wicklung versehenen, ferromagnetischen Körper eines Hauptelements einer elektrischen Maschine, insbesondere auf einen genuteten Ankerkörper eines Ankers eines Gleichstrommotors, bei dem der Körper mit elektrostatisch aufgeladenem Kunststoffpulver beschichtet wird, dadurch gekennzeichnet, dass die Beschichtung mit großer Schichtdicke durch direktes Pulversprühen auf den dem Kunststoffpulver gegenüber eine Potenzialdifferenz aufweisenden Körper vorgenommen wird, wobei die aufzusprühende Schichtdicke mit etwa 1,0 – 2mm, vorzugsweise 1,0 – 1,5mm, vorgegeben wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Beschichtung auf den dem gegenüber dem Kunststoffpulver ein niedrigeres Potenzial aufweisenden, vorzugsweise geerdeten Körper vorgenommen wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass zum Pulversprühen ein grobes Kunststoffpulver verwendet wird, dessen Pulverteilchen einen mittleren Durchmesser größer als 150µm aufweisen.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 – 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Pulversprühen mit Druckluft durchgeführt wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 – 4, dadurch gekennzeichnet, dass das Pulversprühen in einer geschlossenen Sprühkammer (31) mit einer an einem Hochspannungspotential angeschlossenen Sprühvorrichtung (32) durchgeführt wird, die mit mindestens einer auf den Körper gerichteten Sprühstelle (33) ausgestattet ist.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 – 5, dadurch gekennzeichnet, dass das Kunststoffpulver einem Pulvervorrat mittels Saugluft entnommen und eine dosierte Pulvermenge mittels Druckluft der Sprühvorrichtung (32) zugeführt wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 – 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Körper nach der elektrostatischen Pulversprühbeschichtung einem Reinigungsprozess zum Entfernen von auf der Körperoberfläche haftenden Pulver unterzogen wird.

R. 305860

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 – 7, dadurch gekennzeichnet, dass der beschichtete und gereinigte Körper einen das Einbrennen der Pulverbeschichtung bewirkenden Wärmeprozess unterzogen wird.
- 5 9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Körper nach dem Einbrennen gekühlt wird.
10. Vorrichtung zum Durchführen des Verfahrens nach einem der Ansprüche 6 – 9, gekennzeichnet durch eine von einem den Körper aufnehmenden Transportband durchzogene Sprühkammer (31), die eine Sprühvorrichtung (32) mit mindestens einer Sprühstelle (33) aufweist, durch eine der Sprühvorrichtung (32) vorgeschalteten Dosiervorrichtung (35), durch einen Pulverbunker (36) und durch eine pneumatische Pulvertransportvorrichtung (38), die Pulver aus dem Pulverbunker (36) absaugt und der Dosiervorrichtung (35) zuführt.
- 10 11. Vorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass der Pulverbunker (36) und die Sprühkammer (31) in einem gemeinsamen Gehäuse (42) integriert sind.
- 15

R. 305860

Zusammenfassung

Bei einem Verfahren zum Aufbringen einer elektrischen Isolierung auf einen mit Axialnuten zur Aufnahme einer elektrischen Wicklung versehenen, ferromagnetischen Körper eines
5 Hauptelements einer elektrischen Maschine, insbesondere auf einen genuteten Ankerkörper eines
Ankers eines Gleichstrommotors, wird der Körper mit elektrostatisch aufgeladenem
Kunststoffpulver beschichtet. Zur Verbesserung der Wirtschaftlichkeit des Verfahrens in Hinblick
auf geringe Anlagekosten und hoher Wartungsfreundlichkeit bei Sicherstellung einer zuverlässigen
Nutisolierung wird die Beschichtung mit großer Schichtdicke durch direktes Pulversprühen auf den
10 geerdeten Körper vorgenommen.

(Fig. 3)

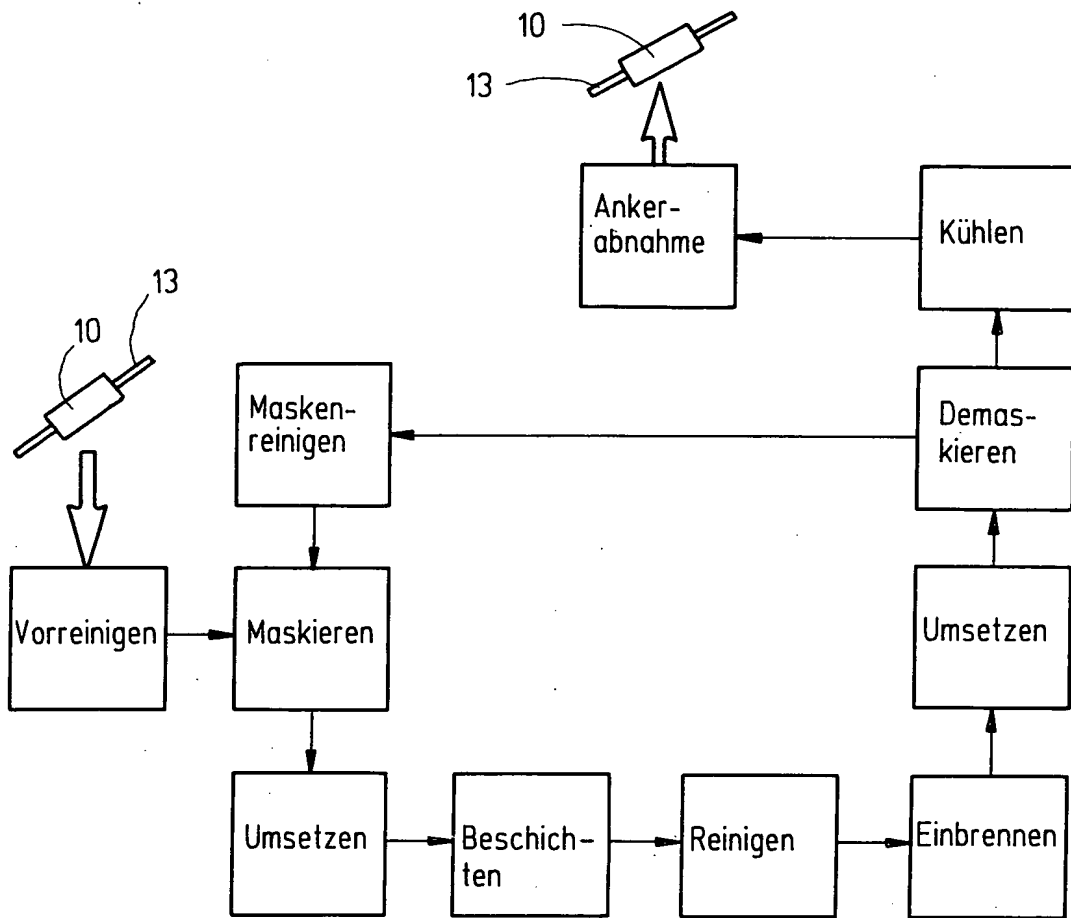


Fig.1

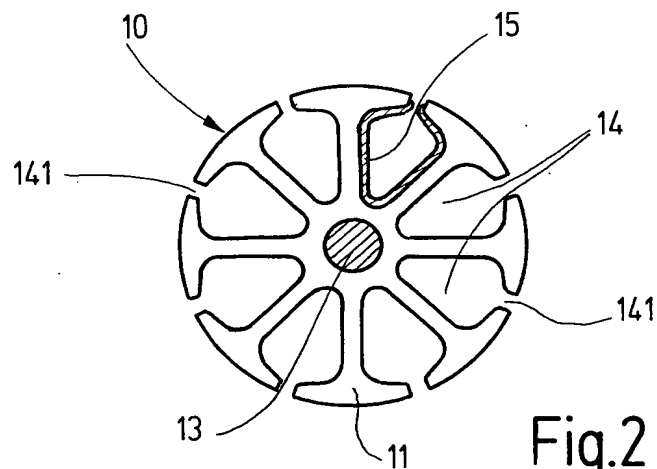


Fig.2

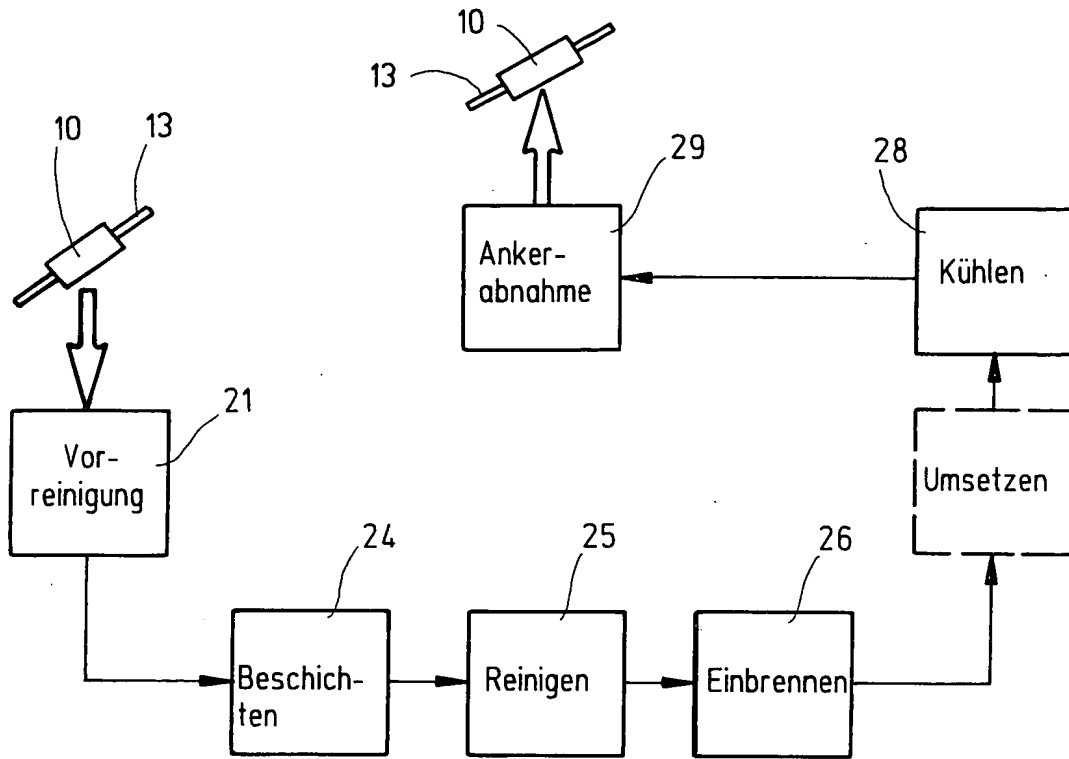


Fig.3

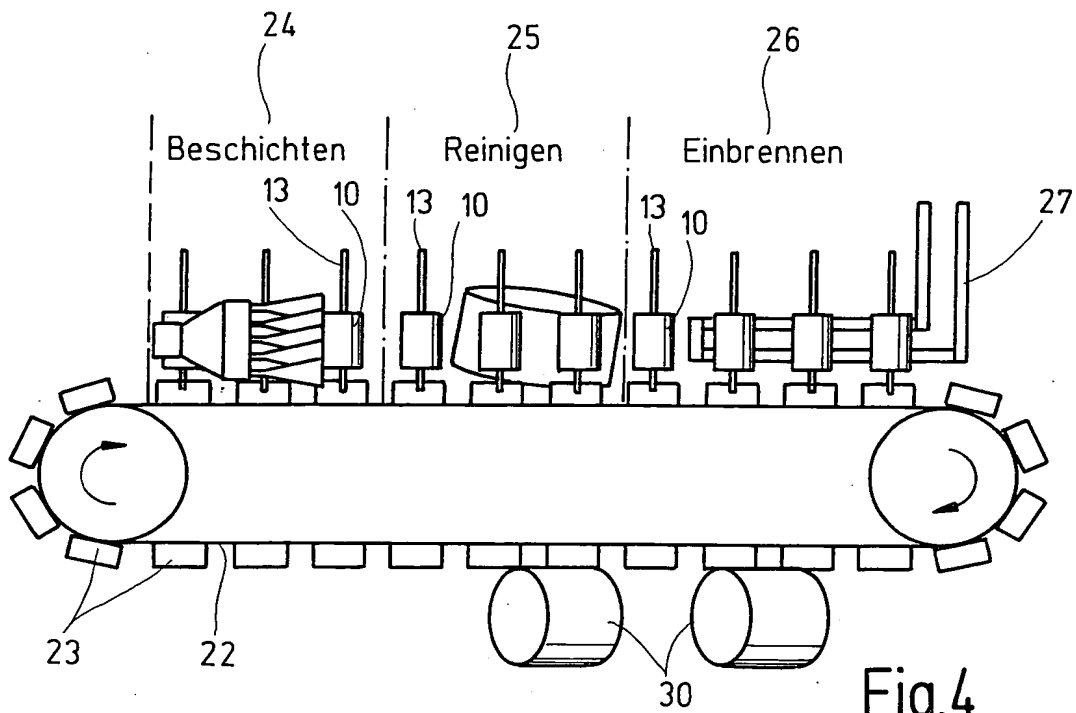


Fig.4

